

Marco Molina, Juan Antonio; Giménez Font, Pablo; Padilla Blanco, Ascensión y Sánchez Pardo, Ángel (MEDSPA) (2008): Aplicaciones de las tecnologías SIG y GPS en la dinámica de poblaciones de flora amenazada: *Helianthemum caput-felis* Boiss. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 635-649. ISBN: 978-84-96971-53-0.

APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS SIG Y GPS EN LA DINÁMICA DE POBLACIONES DE FLORA AMENAZADA: *HELIANTHEMUM CAPUT-FELIS* BOISS

Marco Molina, Juan Antonio; Giménez Font, Pablo; Padilla Blanco, Ascensión y Sánchez Pardo, Ángel¹ (MEDSPA)²

- (1) Universidad de Alicante, Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, ja.marco@ua.es, pablo.gimenez@ua.es, ma.padilla@ua.es, a.sanchez@ua.es
- (2) Grupo de investigación sobre Medio, Sociedad y Paisaje, Área de Geografía Física del Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física-Laboratorio de Biogeografía del Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante

RESUMEN

Se muestra un ejemplo de aplicación combinada de las técnicas SIG y GPS para el seguimiento de especies vegetales de flora catalogada como rara, endémica o amenazada: Helianthemum caput-felis Boiss. La localización georreferenciada de todas sus poblaciones y la base de datos generada permiten la elaboración de una cartografía de detalle muy útil para conocer las condiciones óptimas para su desarrollo, sus principales amenazas, así como para realizar el seguimiento de la dinámica de estas poblaciones, ya que a través del análisis espacial se puede prever qué áreas desaparecerán si se ejecuta el planeamiento urbanístico vigente y, por lo tanto, tomar las medidas oportunas desde el organismo oficial competente. Esta cartografía a escala de detalle se convierte en una información de base y de consulta fácil de integrar en los proyectos de desarrollo del planeamiento.

Palabras Clave: flora amenazada, SIG, GPS, cartografía.

ABSTRACT

There appears an example of application combined of the technologies SIG and GPS for the follow-up of vegetable species of flora catalogued like rare, endemic or threatened: Helianthemum caput-felis Boiss. The georeferenced location of all its populations and the generated database they allow the production of a cartography of very useful detail to know the ideal conditions for its development, its principal threats, as well as to realize the follow-up of the dynamics of these populations, since across the spatial analysis it is possible prever what areas they will eliminate if there is executed the urban development in force planning and, therefore, take the opportune measurements from the official competent organism. This cartography to scale of detail turns into an information of base and of consultation easy to integrate in the projects of development of the planning.

Key Words: threatened flora, GIS, GPS, cartography.

INTRODUCCIÓN

La riqueza florística de la Comunidad Valenciana está justificada por su localización biogeográfica, así como por unas condiciones climáticas particulares, la diversidad litológica, la disposición y estructura del relieve, la configuración de su red hidrográfica y la existencia de toda una serie de espacios húmedos. Todos estos rasgos físicos explican a su vez el elevado número de endemismos vegetales cuyas áreas de distribución son en su mayoría roquedos, acantilados, matorrales xéricos y terrenos baldíos. Constituyen formaciones arbustivas de escaso porte, de tipo camefítico, por lo que reciben una valoración perceptiva baja en la mayoría de las ocasiones y por lo tanto, han sido calificados, en muchas ocasiones, como terrenos urbanizables. En el caso de los

acantilados, se une su proximidad al mar lo que los convierte en espacios codiciados por las constructoras. Por lo tanto, son especies claramente amenazadas, aunque algunas de ellas no reúnan el calificativo de raras o de endémicas (Padilla 2002).

En este trabajo se pretende elaborar una cartografía corológica detallada de una de esas especies vegetales: *Helianthemum caput-felis* Boiss. (“jarilla cabeza de gato”) con el fin de que sea integrada en los proyectos de desarrollo de planeamiento. A partir de esta documentación básica se presenta el área de distribución de dicha especie, es decir, su situación actual; así como los procesos urbanísticos que le han podido afectar y los que le afectarán en un futuro si se ejecuta el planeamiento vigente. Para ello, se ha escogido el tramo litoral alicantino comprendido entre Punta Prima y Punta de la Glea.

La motivación que explica la elección de esta especie vegetal radica en su área de distribución y en su catalogación como vulnerable según criterios de la UICN. Con respecto a la primera justificación, se trata de una cistácea característica del Mediterráneo occidental y localizada en la costa oriental de la península ibérica (litoral septentrional y meridional de la provincia de Alicante), Baleares, Cerdeña, Italia, Argelia y Marruecos; por lo tanto, no se trata de un microendemismo. Sin embargo, estas poblaciones se ciñen a sectores litorales; de ahí su catalogación de vulnerable. Estos espacios en todo el Mediterráneo sufren una elevada presión urbanística, por lo que esta especie, junto a otras, ven reducida su área de distribución y por lo tanto, están abocadas a la extinción de no llevar a cabo alguna medida de control y protección.

El caso de *Helianthemum caput-felis* Boiss. es particular en el sentido de que ha sido objeto de protección a nivel europeo y estatal, por lo que existe un vasto cuerpo legal que le ampara y, de este modo, resultaría más sencillo llevar a cabo cualquier modificación de planeamiento o de actuación urbanística como se verá en el desarrollo de este trabajo. La primera constancia legal se tiene en 1985 con la orden 20 de diciembre dictada por la Conselleria de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana (DOGV nº 336) por la que se prohíbe su recolección salvo con fines científicos, educativos o conservacionistas. Posteriormente, forma parte del listado de flora en el acuerdo del Convenio de Berna sobre la conservación de la vida silvestre europea (1986) y en la Directiva de Hábitats de la Unión Europea (DOCE nº L 206 de 22 de julio de 1992) por la que se obliga a los estados miembros a crear espacios protegidos en los que esté representados los mencionados hábitats. Por este motivo, en la Comunidad Valenciana se crean las microrreservas vegetales, figura legal de protección pionera a nivel estatal. En la actualidad, *Helianthemum caput-felis* Boiss. justifica la existencia de la microrreserva de la Rambla de las Estacas, localizada en el área de estudio de este trabajo; con la particularidad que su población ha pasado de varias decenas de ejemplares a tan sólo uno debido a la gran presión urbanística y turística al que está sometido este sector. También relacionado con la Directiva de Hábitats, se encuentra la declaración de Lugares de Interés Comunitario (LICs). Parte de la zona estudiada en este trabajo está incluida en tres: Sierra de Escalona y Dehesa de Campoamor donde se incluyen algunas de las poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss.; Rambla de las Estacas que coincide con la microrreserva aludida anteriormente; y Cabo Roig, que fundamentalmente abarca espacio marítimo, ya que el terrestre correspondería al de una microrreserva denominada con el mismo topónimo, que nunca pasó de ser una propuesta (Marco, 2005: 50). Por otra parte, *Helianthemum caput-felis* Boiss. está catalogada como “rara” en las claves de flora y como vulnerable en la propuesta de Lista Roja de la Flora Vascular de la Comunidad Valenciana, en la Lista Roja de la Flora Vascular Española (Laguna *et al.*, 1998: 371) y en el *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España* (Bañares *et al.*, eds., 2004: 1040).

ZONA DE ESTUDIO

Como ya se ha indicado anteriormente, la zona de estudio se incluye dentro del área de distribución de *Helianthemum caput-felis* Boiss. en el litoral meridional de la provincia de Alicante que, a su vez, se trata de su localización más occidental y meridional. Se desarrolla entre Cabo Cervera y la Torre de la Horadada, aproximadamente unos doce kilómetros de costa, que comprenden los términos municipales de Torrevieja, Orihuela y Pilar de la Horadada, aunque el estudio se ha ceñido al tramo comprendido entre Punta Prima y la Punta de la Glea (Orihuela) (figura 1). Las condiciones ambientales que favorecen la existencia de esta especie vegetal son de carácter climático (termofilia) y litológico (substrato calcáreo y pedregoso). Concretamente, se trata de una costa acantilada media caracterizada por una costra calcárea de algo más de un metro de espesor que recubre

limos y arcillas rojas. Tanto en esta repisa como en los taludes de material más deleznable, aparece esta cistácea que, en ocasiones, se introduce hasta dos kilómetros hacia el interior formando parte del dominio de los tomillares termófilos, en los que llega a ser incluso muy abundante y dominante.

Por lo tanto, el área de distribución potencial de *Helianthemum caput-felis* Boiss. debió de ser mucho más amplia que la actual. Estas poblaciones han sido fuertemente diezmadas por el desarrollo urbano turístico, quedando en la actualidad en este sector un único retazo libre de edificación: entre Punta Prima y la Cala de la Mosca, en el que, sin embargo, está prevista la ejecución de una urbanización programada ya en la revisión del PGOU de Orihuela en 1990 y tramitada desde 1995 en el Ayuntamiento tras la aprobación del Plan Parcial; de hecho, las obras se iniciaron el 23 de marzo de 2007.

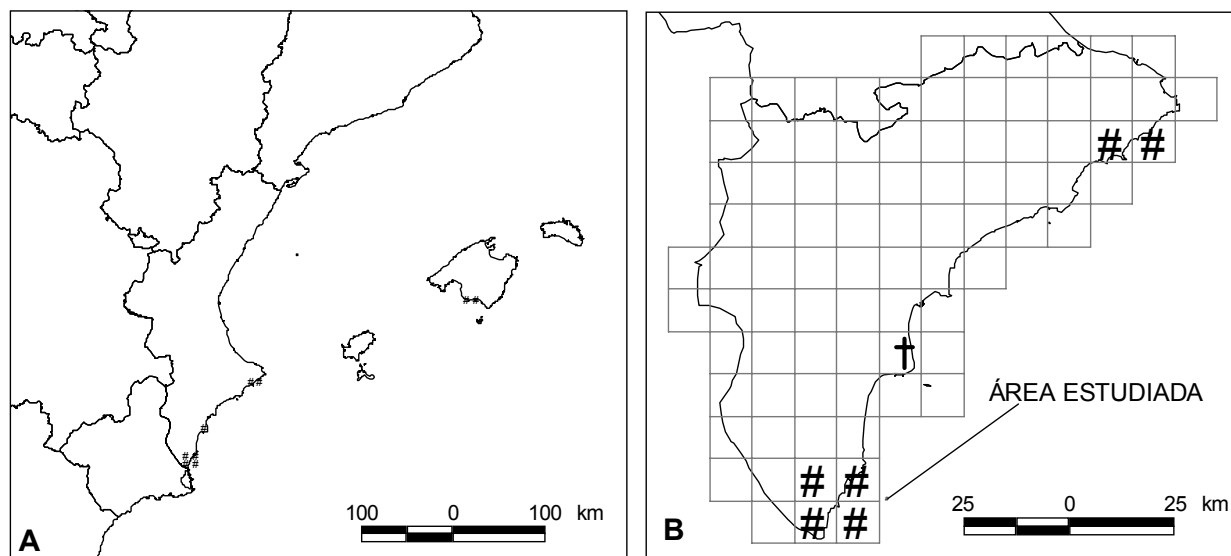


Figura 1. Distribución de *H. caput-felis* Boiss. A: en España (modificado de Mateo y Soler, 1994 y Domínguez *et al.* 1994) y en la provincia de Alicante (modificado de Serra, *et al.*, 2000)

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

La presente comunicación tiene como objeto de estudio ensayar una metodología que permita cartografiar y cuantificar el área de distribución de *Helianthemum caput-felis* Boiss. a partir de los *Criterios de la Lista Roja de la UICN* (Standards, 2006). La información obtenida, debidamente tratada en un SIG, permitirá ofrecer una previsión de reducción del área de ocupación de la planta ante el escenario de cambios de uso proyectado por el planeamiento. Siguiendo las directrices de la UICN, el área de ocupación, definida como “el área más pequeña esencial para la supervivencia de las poblaciones existentes de un taxón” (UICN, 2001:13), se ha calculado a escala de individuo-conjunto de individuos y en relación con la actividad urbanística, principal amenaza de la planta.

En su mayor parte, el origen de la información utilizada lo constituye la toma de datos *in situ* mediante un recolector de datos GPS. En las jornadas de campo se procedió a señalar los ejemplares mediante varillas, lo que permitió determinar sobre el terreno la densidad y continuidad de la población y decidir de qué modo iban a ser registradas las posiciones con el GPS (Marco *et al.*, 2006b: 174-175). De esta forma, si el resultado era un conjunto disperso, se procedía a tomar los datos ejemplar a ejemplar. Si por el contrario se apreciaba densidad y agrupación suficiente de ejemplares como para conformar un polígono, se definía su perfil y se procedía a tomar el perímetro y contar el número de ejemplares presentes.

En ocasiones, la ortofotografía digital a escala 1:5.000 (serie ODCV05) del Instituto Cartográfico Valenciano (vuelos de 2002 y 2005) ha sido empleada como información complementaria de apoyo en la digitalización de determinados polígonos. Asimismo, y por las posibilidades de trabajo que brinda esta escala, ha sido utilizada en otros procesos tales como la preparación de salidas de campo y elaboración de cartografía de apoyo, previa impresión, de la zona a cubrir durante la jornada y, lógicamente, en la elaboración del mapa de usos del suelo.

Durante las campañas de toma de datos en el campo se pueden diferenciar tres etapas en relación con la precisión en los resultados debido a los continuos avances en los productos y tecnología GPS, hemos de significar tres etapas. La primera correspondería a instrumental de tipo submétrico (modelo GeoXT de Trimble)¹, y correcciones diferenciales en posproceso con la estación *SOPAC Ebri* ubicada en Roquetes (Tarragona), con el que se obtuvieron registros con errores estimados inferiores al metro (en torno a 30-60 cm de media en precisión horizontal). En una segunda etapa, y tras la puesta en funcionamiento de la red ERVA² (Estaciones de Referencia de Valencia) del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), se pasó a realizar la corrección diferencial con los datos proporcionados por la estación ubicada en el vecino municipio de Torreveja y perteneciente a la citada red, observándose un ligero incremento en la precisión obtenida. Por último, ha sido empleado el modelo GeoXH, de la misma marca que el anterior. Se trata de un colector de datos de tipo *subpie*, con una precisión horizontal inferior a 30 cm. El modelo incorpora algunas novedades, como la indicación de “precisión de posprocesamiento predicha” (PPA)³ que es calculada y presentada en la pantalla del receptor de forma constante durante la toma de posiciones para asegurar los requisitos de precisión. Otra novedad se relaciona con el proceso de corrección diferencial. Para obtener resultados óptimos, la casa recomienda el empleo de datos de 3 estaciones de referencia bien distribuidas geográficamente, a una distancia no superior a 120 km, y con un buen índice de integridad; si bien hemos comprobado que es posible obtener buenos resultados utilizando una única estación de referencia fiable que esté próxima a la zona de captura de datos. La precisión media estimada, tomando como estación de referencia la de Torreveja, situada a una distancia inferior a 10 km a toda el área de estudio, se cifra en un 95% de registros por debajo del rango de los 30 cm, de los cuales entorno al 60% lo son inferiores a 15 cm.

Como *software* específico se utilizó *Terrasync*, empleado para la captura, actualización y gestión de datos en las unidades GPS de campo; y *Pathfinder Office* para los procesos de corrección diferencial, planificación de salidas de campo, preparación de archivos de fondo y exportación de resultados a formato SIG.

El tratamiento y análisis de la información recogida fue llevado a cabo en aplicaciones SIG de tipo vectorial (ArcView.3x /ArcGis 9.x). Para obtener las capas de polígonos se han seguido tres métodos. El primero consiste en considerar los polígonos registrados con GPS tal y como fueron tomados en el campo. El segundo parte de buscar agrupaciones en la capa de puntos y generar una nueva capa de polígonos a partir de ellos mediante la digitalización de su perímetro, tras descartar otras opciones⁴. Por último, para cuantificar el área de aquellos ejemplares que habían quedado aislados en el proceso geométrico anterior, se generó una nueva capa con un área de influencia (*buffer*) estimada de 0'75 m, correspondiente al tamaño medio de los mayores ejemplares observados en la zona (figura 2).

¹ El modelo GeoXT de la serie GeoExplorer 2005 de Trimble trabaja con *Windows Mobile* como sistema operativo, lo que permite cierta flexibilidad en la elección del *software*, aunque el empleado es *Terrasync*. Se trata de un GPS de precisión submétrica de 12 canales y con EGNOS/WAAS integrado lo que permite conocer posiciones en tiempo real. Para determinados registros se emplea una antena externa para captación de señales, por ejemplo desde un vehículo en movimiento. Dispone de 64 Mb de Ram y disco interno de 512 Mb, incorporando una ranura para tarjeta SD lo que incrementa notablemente su capacidad de almacenamiento de datos.

² La red ERVA está compuesta por estaciones de referencia distribuidas por la geografía valenciana que sirven datos de corrección GPS tanto en tiempo real como para su utilización en posproceso, ambos de forma gratuita. El formato de publicación de ficheros es RINEX compacto comprimido con épocas de registro de 1, 5 y 30 segundos.

³ Predice la precisión que se va a lograr tras la corrección diferencial. Consiste en un valor del error medio cuadrático horizontal (HRMS) y requiere unos tiempos mínimos de enganche continuo con un determinado número de satélites.

⁴ Se utilizó y descartó, para la actual fase de trabajo, la aplicación *Convex hull* (v.1.24) para ArcView 3.x. La herramienta genera polígonos convexos mínimos alrededor de un grupo de puntos. El polígono generado representa el área mínima posible contenida en dichos puntos. La agrupación de puntos puede ser llevada a cabo bien mediante selección o bien mediante un valor atributo común. Si bien los resultados geométricos de la herramienta resultaban satisfactorios no fue considerada adecuada para el propósito del trabajo como más adelante se señala.

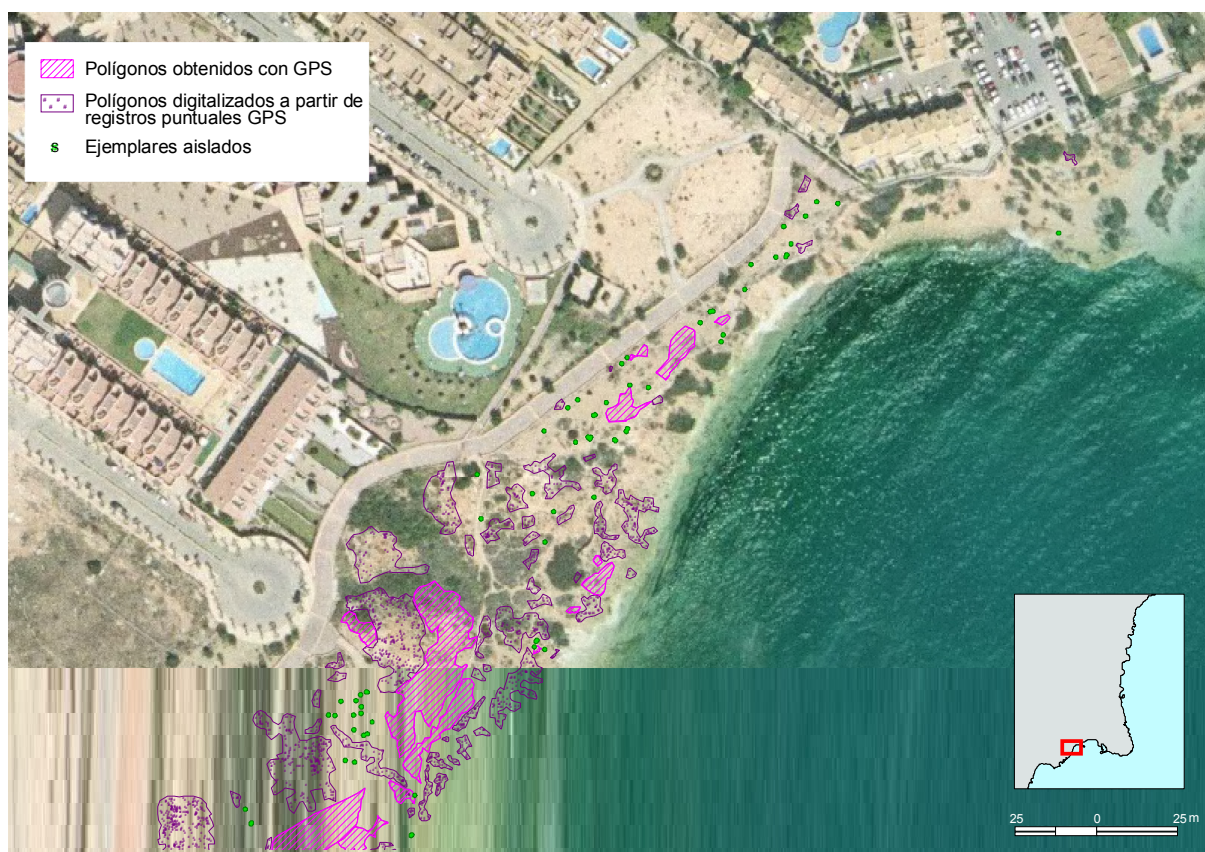


Figura 2. Detalle de los tres modos utilizados para la representación del área de ocupación mediante sistema de manchas

Con ello se obtiene una única capa poligonal con la información espacial de la población que puede ser cuantificada tanto en su superficie como en número de individuos. De esta forma, se posibilita el análisis espacial entre estos datos y la cobertura de usos del suelo. Para ello, se ha elaborado un mapa de usos del suelo del sector analizado a partir de la fotointerpretación de los fotogramas aéreos de 1984 (Generalitat Valenciana) y de las ortofotografías digitales de 2002 y 2005 (ICV), identificando 16 categorías de carácter seminatural y antropogénico. Así mismo, se ha cruzado esta información con la subdivisión en cuadrículas UTM de 100 m de lado.

RESULTADOS

Área de ocupación

Como se ha indicado, nuestro propósito ha sido elaborar el área de distribución de la especie objeto de estudio con gran detalle, siempre bajo la premisa de que cabe equiparar, desde un punto de vista escalar, la información ambiental a la información urbanística. No obstante, el cálculo del área de ocupación de una especie es, aún bajo los criterios de UICN, una cuestión abierta.

En aportaciones recientes, como la del *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular y Amenazada de España* (Bañares *et al.* 2007), se indica que los sistemas utilizados para el cálculo del área de ocupación de especies catalogadas como vulnerables han sido tres: medida mediante cuarteles, medida mediante el polígono convexo mínimo hasta 5 km² o, en el caso de ser mayor, estimada. En este ejemplo, nuestra propuesta para dicho cálculo se asemeja al citado en segundo lugar, aunque es de carácter más restrictivo puesto que no se lleva a cabo una generalización de los datos obtenidos en el campo mediante GPS, ni se ha estimado lícito utilizar herramientas

como *Convex hull* para conseguir polígonos convexos mínimos; es decir, que se ha respetado el perímetro irregular resultante. Esta decisión se apoya en el hecho de que la generalización supondría incluir superficies no ocupadas por la planta, y otras en las que ésta ni siquiera es viable (edificios, infraestructuras...). Son, pues, manchas en las que en mayor o menor densidad está presente la jarilla cabeza de gato. De este modo, los resultados obtenidos a partir de la aplicación de este sistema ofrecen un área de ocupación para *Helianthemum caput-felis* Boiss. de 41.504,5 m². Dato que podríamos identificar como “área de ocupación estricta” en la que prevalece la cuantificación y en la que ha intervenido mínimamente la estimación (figuras 3 y 4).



Figura 3. Ejemplo del “área de ocupación estricta” mediante sistema de manchas de *Helianthemum caput-felis* Boiss.

Por sí mismo es un resultado del que, sin un punto de comparación, no se puede resaltar ni su significado, ni su valor en posibles tareas de recatalogación de algunas Categorías UICN. Estas circunstancias nos conducen a plantear un contrapunto más acorde con los sistemas que se vienen utilizando para el cálculo del área de ocupación de un taxón.

El sistema que puede servir de comparación es el que utiliza subdivisiones de las cuadrículas UTM para estimar el área de ocupación. Para ello se ha utilizado una capa vectorial en la que cada polígono es una cuadrícula

de 100 m de lado (1 ha) de las coordenadas UTM. Ha bastado cruzar la capa de manchas con las de las cuadrículas para obtener el número de éstas en las que está presente *Helianthemum caput-felis* Boiss., es decir, para calcular el área de ocupación de dicha especie en el área de estudio. El dato resultante es de 126 cuadrículas (126 ha), que equivalen a 1.260.000 m² (figura 4). Cifra algo más de treinta veces mayor a la alcanzada con el sistema que proponemos, en un claro sobredimensionado del área de ocupación.

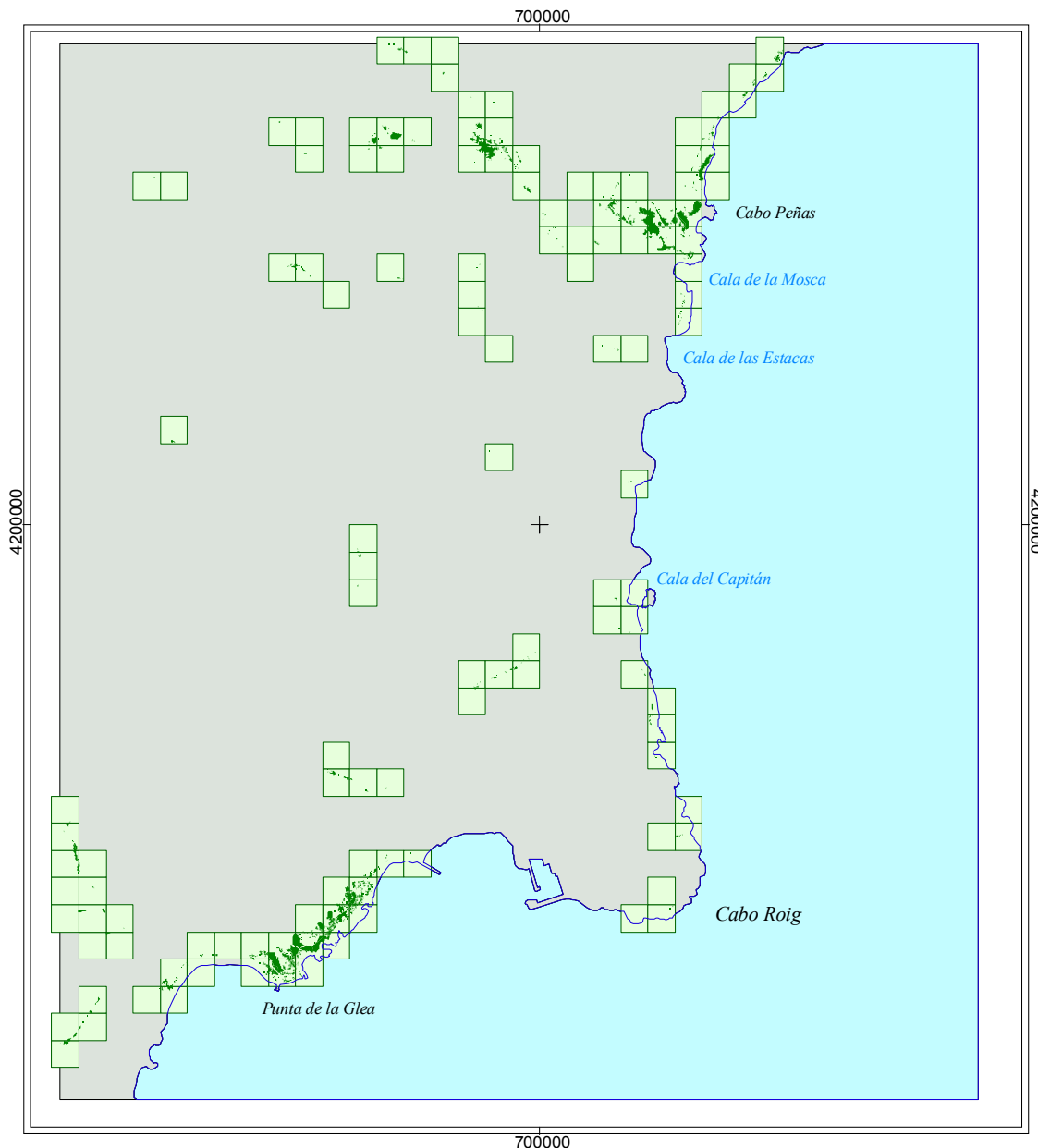


Figura 4. Área de ocupación de *Helianthemum caput-felis* Boiss. a partir de registros GPS (manchas en verde oscuro) y su derivación en CUTM de 100 m de lado (verde claro)

Usos del suelo y coberturas de la vegetación

Además de obtener la superficie actual ocupada por *Helianthemum caput-felis* Boiss. en el sector comprendido entre Punta Prima y Punta de la Glea, es interesante conocer cómo se verá afectada esta población en un futuro tras la ejecución del planeamiento vigente. Por este motivo, se ha realizado la fotointerpretación de la ortofoto de 2005 con el fin de obtener una capa en la que queden reflejados los usos del suelo. Las categorías se han agrupado según su carácter seminatural o antropogénico (figura 5).

Dentro del primer tipo, hemos distinguido:

- las formaciones geomorfológicas costeras, diferenciando entre erosivas (“costa acantilada y rocosa”) y las de acumulación (“playas”) y de fondo de barrancos o ramblas (“lechos de cantos”)
- y las coberturas vegetales que han sido denominadas siguiendo un criterio fisonómico (morfología y densidad), quedando del siguiente modo:
 - “formaciones arbóreas y arbustivas cerradas”, constituidas fundamentalmente por pinares y maquias;
 - “formaciones arbustivas abiertas”, con profusión de especies nitrófilas junto a otras características de matorrales heliófilos;
 - “formaciones arbustivas costeras abiertas”, que además de los táxones anteriores se incluyen los propios de medios próximos al litoral, destacando *Lycium intricatum*, *Asteriscus maritimus*, alguna *Salsola* sp., *Limonium* sp.);
 - “formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas”, prácticamente la misma composición vegetal que la unidad anterior pero con un elevado trasiego de personas, animales y tráfico que acceden a las playas y, por lo tanto, pisotean toda la flora;
 - “vegetación riparia” que, por su carácter de ecótopo singular, no le ha sido aplicado el criterio fisonómico en la denominación. Su localización se reduce a un tramo de la Rambla de las Estacas colonizado fundamentalmente por carrizo (*Phragmites australis*) y algún taray (*Tamarix* sp.)

En las categorías relacionadas con el desarrollo de las actividades humanas, se han diferenciado:

- las “antiguas zonas agrícolas”, en la actualidad están ocupadas fundamentalmente por un herbazal nitrófilo. Este tipo de aprovechamiento ha modificado las características y propiedades edáficas, de manera que predominan especies nitrófilas, arvenses y ruderales; de ahí que, para su denominación, se haya optado por utilizar dicho aprovechamiento pasado y de este modo destacar la influencia que ha tenido la intervención humana en estos sectores;
- las “infraestructuras principales”, se ha considerado exclusivamente la red de carreteras de elevada densidad de tráfico: autopista, carretera nacional y autonómica;
- los “intersticios”, se corresponden con los solares o sectores que están clasificados como urbanizables y que por lo tanto, de estar presente *Helianthemum caput-felis* Boiss., su edificación y correspondiente supresión de la planta se traducirá en una merma de la población;
- “movimientos de tierra”, sectores en los que ha entrado maquinaria para comenzar la edificación, pero en los que todavía se puede encontrar algún ejemplar de *Helianthemum caput-felis* Boiss.;
- “sectores en fase de construcción”, son aquellos en los que ya se han comenzado las obras;
- “zona urbanizada anterior a 1984”, “zona urbanizada entre 1984 y 2003” y “zona urbanizada después de 2003”, se corresponden con espacios ya consolidados y edificados. La diferenciación temporal se fundamenta en la consulta de distintos fotogramas y ortoimágenes y se traduce en una hipótesis: a mayor antigüedad de la urbanización es posible la aparición de ejemplares de *Helianthemum caput-felis* Boiss. Por otra parte, de existir en la actualidad alguna población de esta especie, podríamos realizar una visión retrospectiva de esos espacios antes de que fueran edificados para reconstruir su área potencial de distribución.

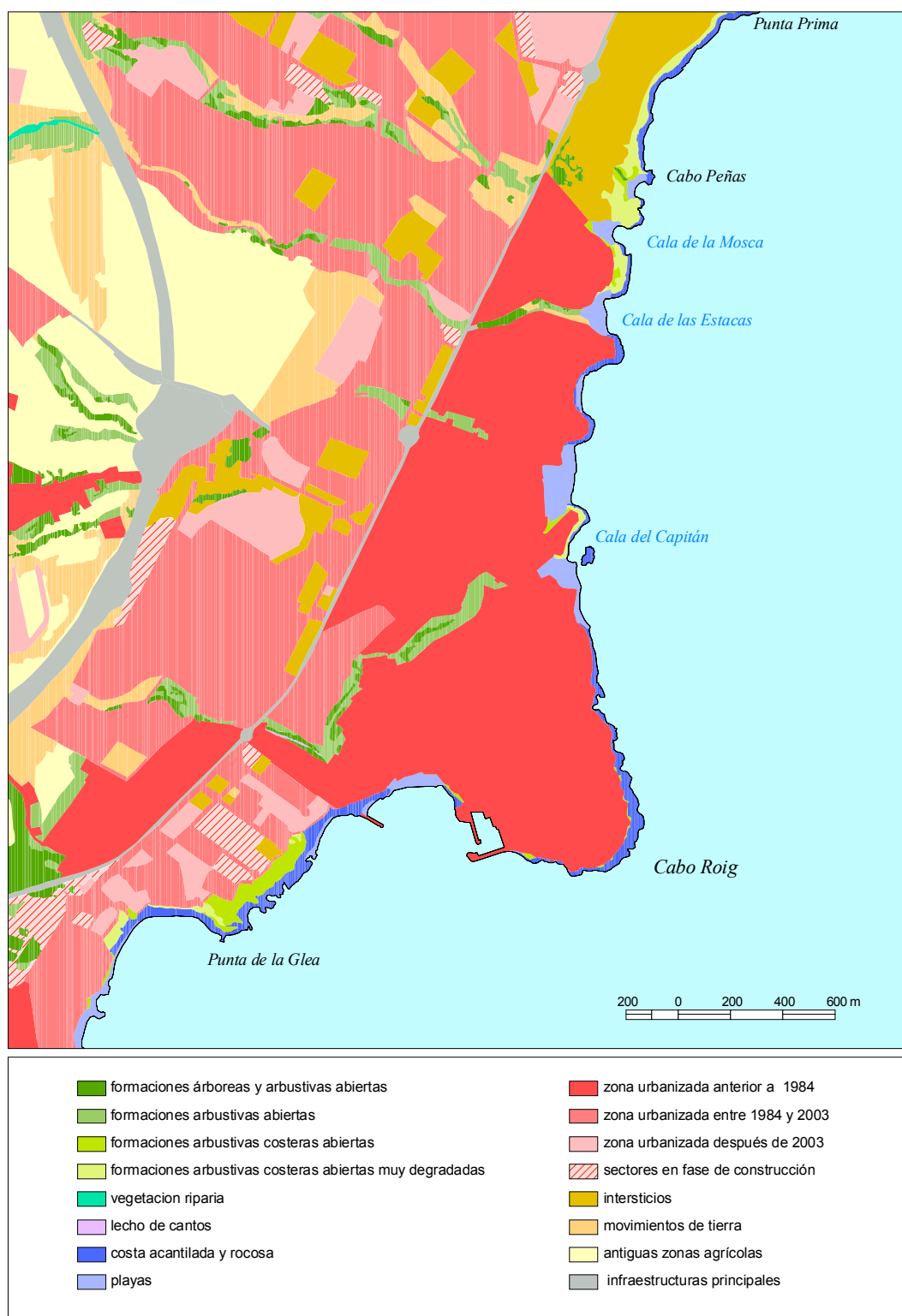


Figura 5. Mapa de usos del suelo y coberturas de la vegetación

Relación del área de ocupación *versus* usos del suelo: previsión de extinción

La distribución actual de *Helianthemum caput-felis* Boiss. está muy condicionada por los aprovechamientos del territorio, quedando fundamentalmente ceñida a espacios que no han sido edificados. De todos modos, es necesario realizar algunas puntualizaciones a esta afirmación de carácter general. Por este motivo, se ofrece a

continuación una relación pormenorizada de los resultados obtenidos al cruzar la cobertura de la localización de esta especie vegetal con la de los usos del suelo; para lo cual seguiremos el mismo esquema que en el apartado anterior (figura 6).

El área de ocupación de la jarilla cabeza de gato en las superficies consideradas como seminaturales (“costa acantilada y rocosa”, “playas”, “formaciones arbóreas y arbustivas cerradas”, “formaciones arbustivas abiertas”, “formaciones arbustivas costeras abiertas” y “formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas”), representa el 70% del total de su distribución en el sector estudiado; mientras que sobre la caracterizada como antropogénica (“antiguas zonas agrícolas”, “principales infraestructuras”, “intersticios”, “movimientos de tierra”, “sectores en fase de construcción”, zona urbanizada anterior a 1984”, “zona urbanizada después de 1984” y “zona urbanizada después de 2003”), sólo supone un 30%.

Dentro del primer grupo destacan fundamentalmente las poblaciones próximas a la costa, ya sea directamente sobre los afloramientos de costra calcárea de los acantilados y en los taludes de limos, arcillas, gravas y cantos con presencia de algunos tramos encostrados, ya sea formando parte de las formaciones vegetales costeras abiertas. Estas poblaciones se localizan en los tramos situados entre Punta Prima, al norte de la Cala de las Estacas y en Punta de la Glea, siendo este último el de mayor densidad de ejemplares. En segundo lugar, destaca la presencia de *Helianthemum caput-felis* Boiss. en pinares, maquias y matorrales heliófilos, es decir, en aquellos lugares tradicionalmente incultos dedicados a aprovechamientos de monte. En la actualidad, este tipo de espacios han quedado limitados a márgenes de cañadas y barrancos, así como a interfluvios en los que aflora el caliche o costra calcárea, únicos sectores en los que la especie penetra hacia el interior, como ocurre en el caso de las cañadas de la Cala de la Mosca, de las Estacas y en el barranco de la Zenia. Estos restos de monte inducen a pensar que, al igual que ellos, también se ha reducido el área de distribución de la jarilla cabeza de gato.

Respecto a los usos caracterizados como antropogénicos, es preciso anotar dos cuestiones. Por una parte, la importante ocupación en los denominados “intersticios” o solares que se localizan tanto próximos a la costa como en el interior. En dichos espacios se mantiene el hábitat óptimo de la planta, caracterizado por formaciones arbustivas abiertas en general, lo que nos aporta pistas de la amplitud del área de distribución potencial de esta especie vegetal. Por otra parte, indicar la presencia en las zonas urbanizadas consolidadas, explicada por la existencia de pequeñas parcelas que no se han llegado a edificar.

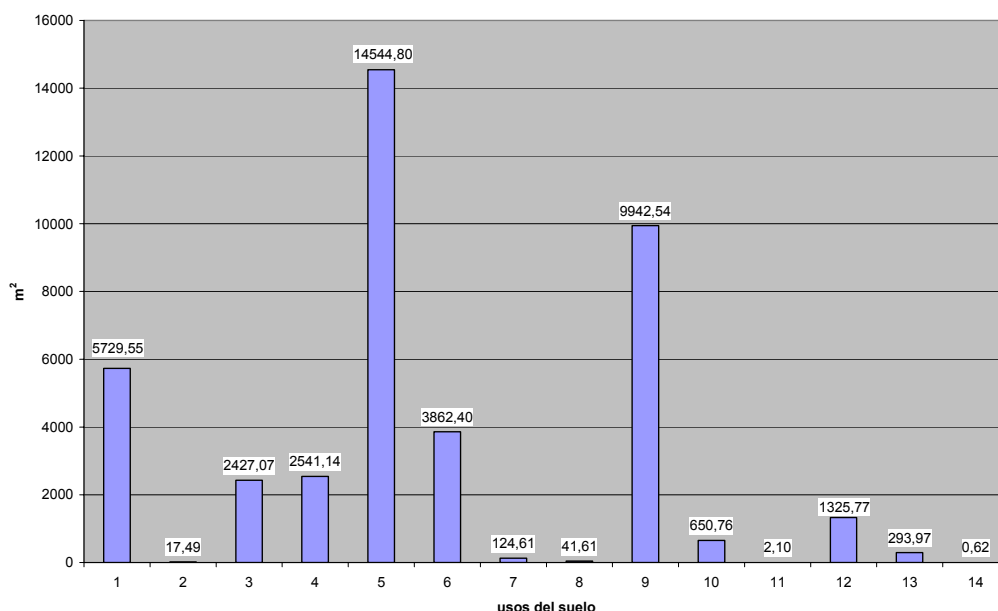


Figura 6. Superficie ocupada por *Helianthemum caput-felis* Boiss. 1. Costa acantilada y rocosa, 2. Playas, 3. Formaciones arbóreas y arbustivas cerradas, 4. Formaciones arbustivas abiertas, 5. Formaciones arbustivas costeras abiertas, 6. Formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas, 7. Antiguas zonas agrícolas, 8. Principales infraestructuras, 9. Intersticios, 10. Movimientos de tierra, 11. Sectores en fase de construcción, 12. Zona urbanizada anterior a 1984, 13. Zona urbanizada entre 1984 y 2003, 14. Zona urbanizada después de 2003.

El cálculo del área de ocupación de *Helianthemum caput-felis* Boiss. ha permitido contrastar esta información con los usos del suelo para conocer exactamente dónde se localizan y, lo que es más importante, se ha podido realizar una estimación de la superficie que se perderá de acometerse el planeamiento vigente (figura 7). Para ello, se han agrupado los usos en dos categorías:

- Usos del suelo que pueden suponer una reducción del área de ocupación, bien por su consolidación urbana actual, bien porque se ejecute el planeamiento. En este grupo se han incluido los “intersticios”, “movimientos de tierra”, “sectores en fase de construcción” y todas las zonas urbanizadas. Estas superficies se corresponderían con el 30% del total de la población de *Helianthemum caput-felis* Boiss. en el área estudiada
- Sectores en los que no hay prevista ninguna ejecución urbanística y, que por lo tanto, serán las zonas de conservación de esta especie vegetal. Se incluyen todos los usos del suelo caracterizados como seminaturales, es decir, “costa acantilada y rocosa”, “playas”, “formaciones arbóreas y arbustivas cerradas”, “formaciones arbustivas abiertas”, “formaciones arbustivas costeras abiertas” y “formaciones arbustivas costeras abiertas muy degradadas”, además de las “antiguas zonas agrícolas”. Representa el 70%.

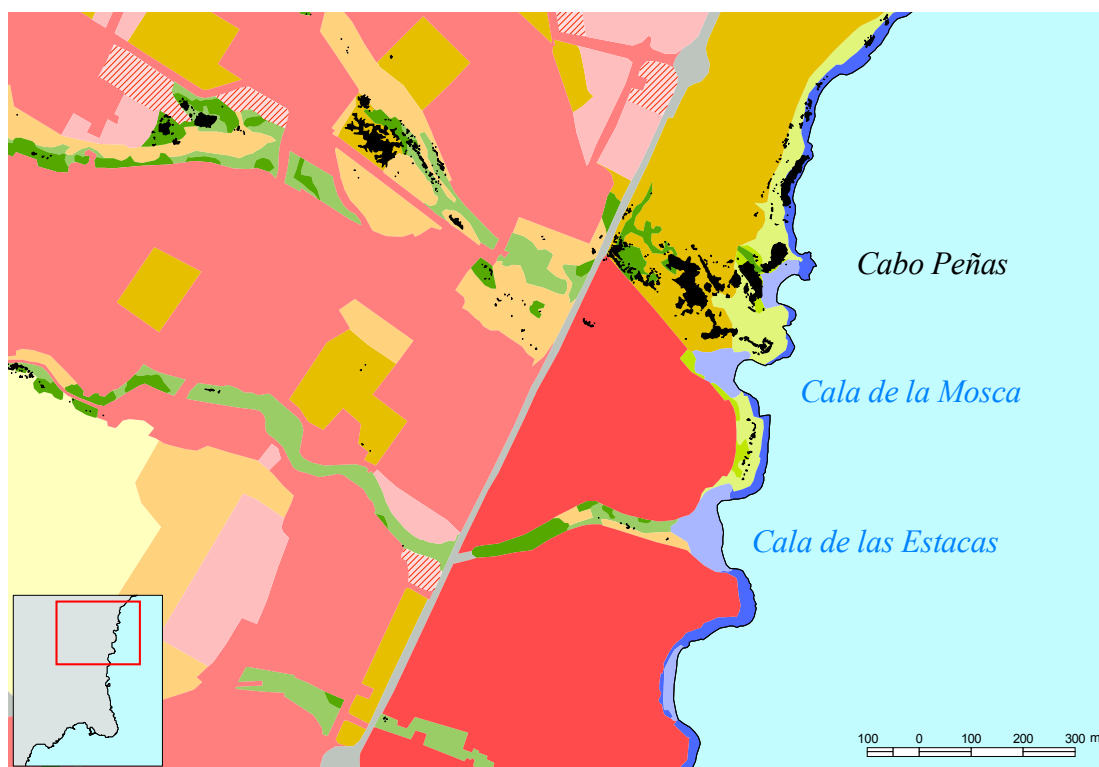


Figura 7. Detalle de la superposición de la capa de usos del suelo y coberturas vegetales (ver leyenda de la fig. 4) y del área de ocupación de *H. caput-felis* Boiss. (en negro), en el que se puede apreciar la localización de alguna de las manchas en sectores catalogados como intersticios

Una vez aplicada la extinción previsible a la capa del área de ocupación representada mediante manchas, se ha procedido a realizar dicho cálculo pero a partir de la representación del área de ocupación mediante el sistema de cuadrículas de 100 m de lado. De las 126 cuadrículas que constituyen el área de ocupación, *Helianthemum caput-felis* Boiss. continuaría estando presente en 94 de ellas, mientras que desaparecería en las 32 restantes; es decir, que la reducción sería del 25%, frente al 30% utilizado en el sistema anterior (figura 8).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre la validez de los dos tipos de cálculo del área de ocupación empleados.

En el primer caso, la aplicación de cuadrículas UTM de 100 m de lado no ofrece resultados ajustados en un análisis espacial donde el resto de variables son polígonos resultantes de los usos del suelo y del planeamiento. Sin embargo, este tipo de representación del área de ocupación es la más difundida (Marco et al, 2006), aspecto que la dota de una gran utilidad a la hora de aplicar algunos criterios y categorías de protección UICN. Igualmente, resulta un método de representación cartográfica adecuado para la síntesis de los resultados del análisis, como demuestra la figura 8.

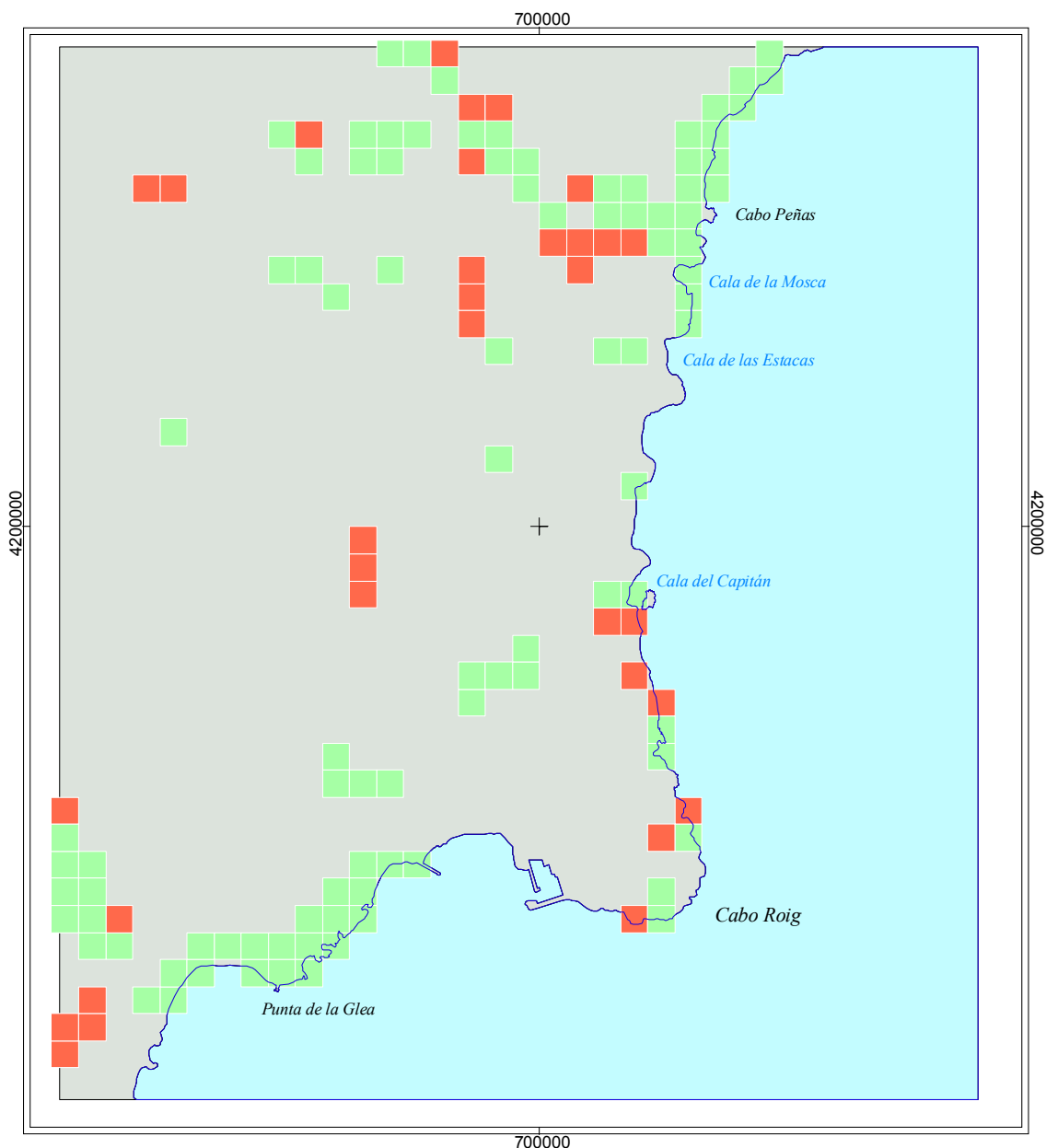


Figura 8. Previsión de extinción de *H. caput-felis* Boiss. mediante el sistema de CUTM de 100 m de lado

El cálculo de la ocupación física de cada planta o conjunto de plantas a partir de los datos obtenidos en campo con GPS ofrece garantías, tanto en la aplicación de estos últimos criterios y categorías, como en los obje-

tivos planteados inicialmente. Buena muestra de ello se encuentra en la comparativa de superficies ocupadas por la planta: 126 ha en el primer caso frente a las 4,15 ha que ofrecen los datos de trabajo de campo. Si para la medición del área de ocupación, el sistema de cuadrículas supone un sobredimensionado de la superficie 30 veces mayor que el medido mediante el sistema de manchas, este mismo sistema presenta un comportamiento inverso, aunque más atenuado, cuando se comparan los datos sobre previsión de la extinción. Con el primer sistema, la reducción del área de ocupación rebasa en poco el 25%, mientras que a partir de los datos del segundo, dicha reducción llega a ser del 30%. Si en este último aspecto la diferencia puede ser asumible, no opinamos lo mismo con respecto del primero; una diferencia de la magnitud reseñada puede ser decisiva para catalogaciones de amenaza menores que las reales y, lo que es más grave, para excluir ciertas especies de las categorías de amenaza.

En la aplicación de esta metodología es necesario hacer unas consideraciones:

- Es imprescindible la elaboración de mapas de uso del suelo a escala de detalle, ya que la localización de la planta es muy exacta pero su distribución es también muy variable. Una fotointerpretación errónea de los bordes de cada uno de los usos, aún tratándose de unos pocos decímetros, puede variar la localización de un ejemplar o conjunto de ejemplares, desvirtuando los análisis y resultados posteriores.

- Durante la realización de los análisis espaciales se han planteado algunos inconvenientes derivados de incorrecciones en la cartografía básica y temática procedente del ICV (E 1:10.000), como por ejemplo la relativa a la línea de costa.

- Los avances en el instrumental de toma de datos y los cambios en las estaciones para las correcciones diferenciales en post-proceso, han determinado diferencias en la precisión de los resultados iniciales y finales. De esta forma, puede darse la circunstancia de que algunos puntos fuguen hacia zonas colindantes, apareciendo ejemplares sobre coberturas urbanas, a unos centímetros o a unos metros de su localización original. De ahí que las características del instrumental empleado sea de gran importancia en los trabajos de cartografía corológica a escala de detalle.

De la distribución del área de ocupación por usos y coberturas de vegetación se extraen las siguientes conclusiones sobre las preferencias del hábitat de la planta:

- En las formaciones arbustivas abiertas en general, se instala casi el 50% del área de ocupación (20.948,3 m²) que, sumando las correspondientes a los intersticios, habida cuenta que son formaciones arbustivas abiertas, se alcanzaría cerca del 75% en este tipo de hábitats.

- El segundo ambiente en importancia lo constituiría el identificado como “costa acantilada y rocosa”, caracterizado por el dominio de procesos subaéreos y marinos ligados a la erosión hídrica y dinámica de taludes; ámbito que acoge una séptima parte del área de ocupación (5.729,5 m²). El rasgo fundamental de estos sectores es que se trata de espacios inestables; condiciones que se reproducen artificialmente, en los sectores con movimientos de tierra (650,7 m²) o, incluso, en terraplenes y taludes de infraestructuras (41,6 m²). En cualquier caso, este tipo de localizaciones avalan la idea de que la especie es capaz de prosperar en medios inestables como los señalados (Marco *et al.*, 2006: 177)

- Los medios menos favorables son las “playas” y las formaciones vegetales cerradas tanto arbóreas como arbustivas. Sobre substrato arenoso la presencia de jarilla es casi nula, se podría decir que derivada de las imprecisiones de digitalización. Mientras que, en pinares y maquias, sólo tiene una presencia testimonial y marginal, ligada a bordes y claros en estas formaciones.

- En “antiguas zonas agrícolas” su presencia es, igualmente, reducida. Junto a las inexactitudes derivadas de la digitalización, el predominio de herbazales nitrófilos puede significar un elemento adverso para el desarrollo de la planta.

- En las zonas urbanizadas, sin olvidar tampoco los defectos de la digitalización, su presencia está ligada, sobre todo, a la existencia de solares por edificar en los que predominan formaciones arbustivas abiertas o movimientos de tierra. Así mismo, se ha observado su presencia en zonas ajardinadas de carácter “ecológico” casual, es decir, derivado del descuido o escaso mantenimiento.

Los datos restrictivos y su carácter puntual y poligonal permiten una gestión más eficaz de las poblaciones de *H. caput-felis* Boiss., de manera que se obtiene una información ambiental que puede ser equiparable a la

urbanística. De hecho, parte de los resultados expuestos ya han sido utilizados con este fin; concretamente en un sector del tramo de litoral alicantino analizado en este trabajo: la Cala de la Mosca, ya comentado en el apartado dedicado a la descripción de la zona de estudio. En abril de 2007, se emitió una denuncia por parte del SEPRO-NA de la Guardia Civil debido a la apertura de viales para la edificación que estaba causando la destrucción de poblaciones de *Helianthemum caput-felis* Boiss. A raíz de este hecho, se redactó un informe en el que se hizo uso de la información relativa al área de ocupación de la especie objeto de estudio, tal cual se ha expuesto en este trabajo. Consistió fundamentalmente en la elaboración de una cartografía de detalle de su distribución para cuantificar qué pérdidas se habían producido, qué poblaciones se verían afectadas de continuar las obras, delimitar las áreas ocupadas y no alteradas para evitar su eliminación y proponer modificaciones en la ordenación del plan parcial del sector. El resultado más relevante ha sido la redistribución de su edificabilidad y el planteamiento de propuesta de una microreserva vegetal de iniciativa privada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha elaborado dentro del Proyecto I+D+I *Cartografía corológica a gran escala como herramienta para la gestión y conservación de flora rara, endémica o amenazada: área de distribución de Helianthemum caput-felis Boiss. en la Comunidad Valenciana* (GV/2007/139), financiado por la Generalitat Valenciana; y ha contado, además, con una ayuda de la Universidad de Alicante para grupos de investigación (VIGROB-142)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañares, A.; Blanca, G.; Güemes, J.; Moreno, J.C. y Ortiz, S. (Eds.) (2004): *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 1.069 pp.
- Bañares, A.; Blanca, G.; Güemes, J.; Moreno, J.C. y Ortiz, S. (2007): *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Agenda 2006*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 92 pp.
- Domínguez, *et al.* (1994): Asientos para un atlas corológico de la flora occidental, 22: Mapa 627 (adiciones). *Fontqueria*, 40: 143-144.
- Laguna, E. *et al.* (1998): *Flora endémica, rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*, Generalitat Valenciana, Valencia, 443 pp.
- Marco, J.A. (2005): Los humedales costeros del sur de Alicante: perspectiva evolutiva. En: J.F. Vera (Coord), *Jornadas del Bicentenario. Torreveja, 1803-2003*. Ayuntamiento de Torreveja-Universidad de Alicante, Alicante, pp. 33-54.
- Marco, J.A.; Padilla, A. y Sánchez, A. (2006): Cartografía corológica mediante el uso de GPS de especies endémicas, raras o amenazadas en el sector oriental de Aitana (Alacant). *Serie Geográfica*, 13: 1-24.
- Marco, J.A.; Padilla, A.; Sánchez, A. y Giménez, P. (2006b): *Helianthemum caput-felis* Boiss. entre Punta Prima y Cabo Roig (litoral surallicantino). En: P. Giménez, *et al.* (Eds.), *Geografía y Medio Ambiente. Guía de campo de las XXI Jornadas de Geografía Física*. AGE-Universidad de Alicante, Alicante, pp. 169-181.
- Mateo, G. y Soler, X. (1994): Asientos para un atlas corológico de la flora occidental, 22: Mapa 627. *Fontqueria*, 40: 142-143.

Padilla, A. (2002): Protección y conservación de la flora en la Comunidad *Valenciana*. *Investigaciones Geográficas*, 27: 107-130.

Serra, Ll. et al. (2000): *Distribución de la flora vascular endémica, rara o amenazada en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Valencia, 230 pp.

Standards and Petitions Working Group (2006): *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 6.2*. Prepared by the Standards and Petitions Working Group of the IUCN SSC Biodiversity Assessments Sub-Committee in December 2006 <http://app.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedListGuidelines.pdf>

UICN (2001): *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*. Versión 3.1. UICN, Gland, Suiza, 33 pp.

Recursos en la red:

www.icv.gva.es

www.trimble.es

Jenness, J. (2008): Convex hulls around points (conv_hulls_pts.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.23.

Jenness Enterprises. Available at: http://www.jennessent.com/arcview/convex_hulls.htm